



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0115771
(43) 공개일자 2015년10월14일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 17/00 (2006.01) H04N 19/48 (2014.01)
H04N 19/89 (2014.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H04N 17/004 (2013.01)
H04N 19/48 (2015.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7021123</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2013년06월09일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년08월04일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/CN2013/077082</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/121571
국제공개일자 2014년08월14일</p> <p>(30) 우선권주장
PCT/CN2013/071538 2013년02월07일 중국(CN)</p> | <p>(71) 출원인
톰슨 라이센싱
프랑스 92130 이씨레물리노 잔 다르크 뒤편 1-5</p> <p>(72) 발명자
리아오, 닝
중국 100083 베이징 하이디안 디스트릭트 슈에칭
로드 슈에지 유안 빌딩 3 룸 507</p> <p>첸, 지보
중국 100088 베이징 하이디안 디스트릭트 베이타
이펑 주앙 로드 유에후아 슈안 룸 1613</p> <p>장, 판
중국 430074 후베이 우한 홍산 디스트릭트 1번 관
산 로드 폴리가던 빌딩 8 블럭 3 룸 101</p> <p>(74) 대리인
양영준, 전경석, 백만기</p> |
|---|---|

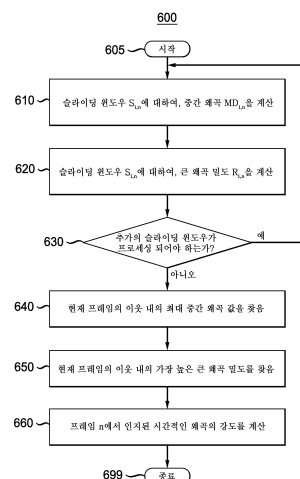
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 컨텍스트-기반 비디오 품질 평가를 위한 방법 및 장치

(57) 요약

공간적인 왜곡(즉, 프레임이 비디오 시퀀스 내의 다른 프레임들에 독립적으로 보여질 경우)은 시간적인 왜곡(프레임들이 연속적으로 보여질 경우)과 상당히 다를 수 있다. 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여, 슬라이딩 윈도우 접근이 사용된다. 구체적으로, 현재 프레임 주변의 복수의 슬라이딩 윈도우들이 고려된다. 각각의 슬라이딩 윈도우 내에, 큰 왜곡 밀도가 계산되고 가장 높은 큰 왜곡 밀도를 가진 슬라이딩 윈도우가 선택된다. 현재 프레임과 선택된 윈도우 내의 큰 왜곡을 가진 가장 가까운 프레임 사이의 거리가 계산된다. 그 후에, 시간적인 왜곡은 가장 높은 큰 왜곡 비율, 현재 프레임에 대한 공간적인 왜곡, 및 거리의 함수로 추정된다. 다른 실시예에서, 공간적인 왜곡 값들의 중간값이 각각의 슬라이딩 윈도우에 대하여 계산되고 중간 공간적인 왜곡 값들의 최대치가 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여 사용된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H04N 19/89 (2015.01)

명세서

청구범위

청구항 1

비디오 시퀀스의 시각 품질(visual quality)을 추정하기 위한 방법으로서,

상기 비디오 시퀀스 내의 현재 프레임을 포함하는 복수의 슬라이딩 윈도우(sliding window) 내의 프레임들에 대한 공간적인 왜곡(spatial distortion)에 액세스하는 단계;

각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 각각의 공간적인 왜곡에 응답하여 상기 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 대표적인 아티팩트(artifact) 레벨 및 큰 왜곡 밀도(large distortion density) 중 적어도 하나를 나타내는 인자를 결정하는 단계(610, 620);

결정된 상기 인자에 응답하여 상기 현재 프레임에 대한 시간적인 왜곡(temporal distortion)을 결정하는 단계(660); 및

상기 현재 프레임의 상기 시간적인 왜곡에 응답하여 상기 비디오 시퀀스의 상기 시각 품질을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 슬라이딩 윈도우에 대한 상기 인자들의 최대치를 결정하는 단계(640, 650)를 더 포함하고,

상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡은 최대 인자에 응답하여 결정되는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 큰 왜곡 밀도는 상기 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 큰 왜곡을 가진 프레임들의 수와 상기 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들의 총 수 사이의 비율에 응답하여 결정되는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡은 최대 인자 및 상기 현재 프레임에 대한 공간적인 왜곡의 곱(product)으로 결정되는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 대표적인 아티팩트 레벨은 상기 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 상기 공간적인 왜곡의 중간값 함수(median function)에 응답하여 결정되는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡은 최대 인자 및 상기 현재 프레임의 공간적인 왜곡 중 작은 것으로 결정되는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

비트스트림의 품질을 모니터링하는 단계, 결정된 상기 시각 품질에 응답하여 상기 비트스트림을 조정하는 단계, 결정된 상기 시각 품질에 기초하여 새로운 비트스트림을 생성하는 단계, 상기 비트스트림을 전송하기 위해 사용되는 배포 네트워크(distribution network)의 파라미터들을 조정하는 단계, 결정된 상기 시각 품질에 기초하여 상기 비트스트림을 유지할지(keep) 결정하는 단계, 및 디코더에서 에러 은닉 모드(error concealment mode)를 선택하는 단계 중 적어도 하나를 수행하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 8

비디오 시퀀스의 시각 품질을 추정하기 위한 장치(700, 800)로서,

상기 비디오 시퀀스 내의 현재 프레임에 포함하는 복수의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 공간적인 왜곡에 액세스하는 공간적인 아티팩트 레벨 추정기(730);

각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 각각의 공간적인 왜곡에 응답하여 상기 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 대표적인 아티팩트 레벨 및 큰 왜곡 밀도 중 적어도 하나를 나타내는 인자를 결정하고 상기 복수의 슬라이딩 윈도우에 대한 결정된 상기 인자에 응답하여 상기 현재 프레임에 대한 시간적인 왜곡을 결정하는 시간적인 왜곡 추정기(740); 및

상기 현재 프레임의 상기 시간적인 왜곡에 응답하여 상기 비디오 시퀀스의 상기 시각 품질을 결정하는 품질 예측기(750)

를 포함하는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 시간적인 왜곡 추정기(740)는 상기 복수의 슬라이딩 윈도우에 대한 상기 인자들의 최대치를 결정하고,

상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡은 최대 인자에 응답하여 결정되는, 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 시간적인 왜곡 추정기(740)는 상기 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 큰 왜곡을 가진 프레임들의 수와 상기 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들의 총 수 사이의 비율에 응답하여 상기 큰 왜곡 밀도를 결정하는, 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 시간적인 왜곡 추정기(740)는 최대 인자 및 상기 공간적인 왜곡의 곱으로 상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡을 결정하는, 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 시간적인 왜곡 추정기(740)는 상기 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 상기 공간적인 왜곡의 중간값 함수에 응답하여 상기 대표적인 아티팩트 레벨을 결정하는, 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 시간적인 왜곡 추정기(740)는 최대 인자 및 상기 공간적인 왜곡 중 작은 것으로 상기 현재 프레임에 대한 상기 시간적인 왜곡을 결정하는, 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

비트스트림의 품질을 모니터링하는 것, 결정된 상기 시각 품질에 응답하여 상기 비트스트림을 조정하는 것, 결정된 상기 시각 품질에 기초하여 새로운 비트스트림을 생성하는 것, 상기 비트스트림을 전송하도록 사용되는 배포 네트워크의 파라미터들을 조정하는 것, 결정된 상기 시각 품질에 기초하여 상기 비트스트림을 유지할지 결정하는 것, 및 디코더에서 에러 은닉 모드를 선택하는 것 중 적어도 하나를 수행하는 비디오 품질 모니터(840, 850, 860)

를 더 포함하는 장치.

청구항 15

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따라 비디오 시퀀스의 시각 품질을 추정하기 위한 명령어들을 저장한 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비디오 품질 측정에 관련되고, 보다 구체적으로는, 객관적인 비디오 품질 메트릭(objective video quality metric)을 결정하기 위한 방법 및 장치에 관련된다.

배경 기술

[0002] 상이한 방법들이 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들의 품질 레벨들을 추정하기 위하여 개발되었다. 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들의 추정된 품질 레벨들로, 비디오 시퀀스의 인지된 품질에 잘 맞는 객관적인 종합적 비디오 품질 메트릭을 획득하는 방법이 시간적인 풀링 전략들(temporal pooling strategies)하에서 연구되었다.

발명의 내용

[0003] 본 원리들은 비디오 시퀀스의 시각 품질(visual quality)을 추정하기 위한 방법으로서, 비디오 시퀀스 내의 현재 프레임을 포함하는 복수의 슬라이딩 윈도우(sliding window) 내의 프레임들에 대한 공간적인 왜곡(spatial distortion)에 액세스하는 단계; 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 각각의 공간적인 왜곡에 응답하여 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 대표적인 아티팩트(artifact) 레벨 및 큰 왜곡 밀도(large distortion density) 중 적어도 하나를 나타내는 인자를 결정하는 단계; 결정된 인자에 응답하여 현재 프레임에 대한 시간적인 왜곡(temporal distortion)을 결정하는 단계; 및 아래에 설명된 바와 같이 현재 프레임의 시간적인 왜곡에 응답하여 비디오 시퀀스의 시각 품질을 결정하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다. 본 원리들은 이 단계들을 수행하기 위한 장치를 또한 제공한다.

[0004] 본 원리들은 비디오 시퀀스의 시각 품질을 추정하기 위한 방법으로서, 비디오 시퀀스 내의 현재 프레임을 포함하는 복수의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 공간적인 왜곡에 액세스하는 단계; 각각의 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들에 대한 각각의 공간적인 왜곡에 응답하여 각각의 슬라이딩 윈도우에 대한 대표적인 아티팩트 레벨 및 큰 왜곡 밀도 중 적어도 하나를 나타내는 인자를 결정하는 단계; 복수의 슬라이딩 윈도우에 대한 인자들의 최대치를 결정하는 단계; 최대 인자에 응답하여 현재 프레임에 대한 시간적인 왜곡을 결정하는 단계; 및 아래에 설명된 바와 같이 현재 프레임의 시간적인 왜곡에 응답하여 비디오 시퀀스의 시각 품질을 결정하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다. 본 원리들은 이 단계들을 수행하기 위한 장치를 또한 제공한다.

[0005] 본 원리들은 위에 설명된 방법들에 따라 비디오 시퀀스의 시각 품질을 추정하기 위한 명령어들을 저장한 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 또한 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1a는 예시적인 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들(spatial artifact levels)을 도시하는 그림을 이용한 예시(pictorial example)이고, 도 1b는 예시적인 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들에 대한 인지된 시간적인 품질을 도시하는 그림을 이용한 예시이다.

도 2a, 2b 및 2c는 본 원리들의 일 실시예에 따라 비디오 품질 모델링에 사용되는 슬라이딩 윈도우들을 도시하는 그림을 이용한 예시들이다.

도 3a는 다른 예시적인 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하는 그림을

이용한 예시이고, 도 3b 및 3c는 각각 본 원리들의 일 실시예에 따른 프레임의 이웃 내의 우세한 왜곡(dominant distortion) 및 추정된 시간적인 왜곡을 도시하는 그림을 이용한 예시들이다.

도 4a는 다른 예시적인 비디오 시퀀스의 개별 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하는 그림을 이용한 예시이고, 도 4b 및 도 4c는 각각 본 원리들의 일 실시예에 따른 프레임의 이웃 내의 가장 높은 큰 왜곡 밀도(the highest large distortion density) 및 추정된 시간적인 왜곡을 도시하는 그림을 이용한 예시들이다.

도 5a는 다른 예시적인 비디오 시퀀스의 개별 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하는 그림을 이용한 예시이고, 도 5b 및 도 5c는 각각 본 원리들의 일 실시예에 따른 프레임의 이웃 내의 가장 높은 큰 왜곡 밀도(the highest large distortion density) 및 추정된 시간적인 왜곡을 도시하는 그림을 이용한 예시들이다.

도 6은 본 원리들의 일 실시예에 따라 프레임 n에서 시간적인 왜곡을 모델링하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 7은 본 원리들의 일 실시예에 따라 예시적인 비디오 품질 모니터(monitor)를 도시하는 블록도이다.

도 8은 하나 이상의 구현들과 함께 사용될 수 있는 예시적인 비디오 프로세싱 시스템을 도시하는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007]

본원에서, 비디오 시퀀스 내의 그림이 비디오 시퀀스 내의 다른 그림들에 독립적으로 보여질 경우 그 그림에서 인지된 아티팩트를 나타내기 위해 "공간적인 아티팩트(spatial artifact)"를 사용하고, 비디오 시퀀스 내의 그림들이 연속적으로 디스플레이될 경우 비디오 시퀀스 내의 그림에서 인지된 아티팩트를 나타내기 위해 "시간적인 아티팩트(temporal artifact)"를 사용한다. 비슷하게, 그림이 비디오 시퀀스 내의 다른 그림들에 독립적으로 보여질 경우 그 그림에서 인지된 왜곡 또는 품질을 나타내기 위해 "공간적인 왜곡(spatial distortion)" 또는 "공간적인 품질(spatial quality)"을 사용하고, 비디오 시퀀스 내의 그림들이 연속적으로 디스플레이 될 경우 비디오 시퀀스의 그림에서 인지된 왜곡 또는 품질을 나타내기 위해 "시간적인 왜곡(temporal distortion)" 또는 "시간적인 품질(temporal quality)"을 사용한다.

[0008]

공간적인 왜곡을 평가할 경우, 그림은 시청자가 이미지 콘텐츠와 왜곡을 인식하기에 충분히 긴 기간 동안 비디오 시퀀스 내의 다른 그림들에 독립적으로 보여진다. 이것은 그림들이 연속적으로 디스플레이되는, 시간적인 왜곡의 평가와 다르다.

[0009]

본원에서, 용어 "프레임(frame)"은 용어 "그림(picture)"과 상호교환 가능하게 사용된다. 용어 "왜곡" 및 "아티팩트" 모두는 프레임 내의 품질 저하를 의미하고, 종종 상호교환 가능하게 사용된다.

[0010]

ds(n)으로 나타나는 프레임 n의 공간적인 왜곡은 다양한 이미지 품질 평가 방법들, 예를 들어 전 기준법(full-reference) 또는 무기준법(no-reference method), 및 픽셀 영역에서의 방법 또는 비트스트림(bitstream) 레벨에서의 방법에 의해 획득될 수 있으나, 그에 한정되지 않는다. 일 실시예에서, 공간적인 왜곡은 공동 소유된 PCT 출원 N. Liao, Z. Chen, 및 K. Xie의 "Video quality assessment at a bitstream level"(PCT/CN2012/078766, 대리인 문서 번호. PA120027)에 개시된 바와 같이, 최초의 및/또는 전파된 가시적인 아티팩트에 의해 야기된, 전체의 가시적인 아티팩트 레벨로서 추정될 수 있고, 그것의 교시들은 본원에 참조로써 구체적으로 포함된다.

[0011]

그림들 내의 공간적인 아티팩트는 시선이 고정되고 그것을 아티팩트로 인식할 수 있도록 하는 기간 동안 지속될 필요가 있다. 그림들이 비디오 시퀀스의 부분이고 각각이 단지 아주 짧은 기간 동안만 디스플레이 된 경우(예를 들어, 비디오가 실시간으로 재생된 경우 $1/\text{frame_rate}$ 의 기간), 프레임 n의 순간에서의 인지된 비디오 왜곡, 즉, 프레임 n에서의 시간적인 왜곡 dt(n)은 프레임 n의 공간 왜곡 ds(n)과 상당히 다를 수 있다. 이것은 시간적인 왜곡 dt(n)이 그것의 이웃 프레임들의 왜곡 및 콘텐츠에 영향을 받기 때문일 수 있다.

[0012]

예시적인 비디오 시퀀스에 대하여, 도 1a는 비디오 시퀀스의 개별 프레임들의 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하고, 도 1b는 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들의 시간적인 품질을 도시한다. 더 구체적으로는, 도 1a는 예시적인 비디오 시퀀스가 패킷 손실들에 시달릴 경우 프레임들의 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시한다. 공간적인 아티팩트는 비디오 시퀀스 내에서 산발적일 수 있는데, 예를 들어, 공간적인 아티팩트가 프레임들 74, 77, 215, 261 및 262에서 보일 수 있다. 공간적인 아티팩트는 프레임들 106-111 주변에서 보이는 아티팩트와 같이 버스트(burst)로 또한 발생할 수 있다.

[0013]

도 1b는 비디오 시퀀스의 프레임들이 연속적으로 디스플레이될 경우의 시간적인 품질을 도시하고, 점수 100이

최고의 품질에 상응한다. 품질 측정 방법에 따라, 품질 점수는 상이한 등급(scale)일 수 있다. 시간적인 품질의 정확한 곡선은 주관적인 테스트 방법, 예를 들어 ITU-R BT 500에서 정의된 단일 자극 연속 품질 평가(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation; SSCQE)를 이용하여 획득될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0014]

프레임들(74 및 77)이 독립적으로 보여지는 경우 이 두 프레임이 강한 공간적인 아티팩트를 가짐이 도 1a로부터 보여질 수 있다. 그러나, 이 두 프레임에서의 아티팩트는 비디오가 연속적으로 디스플레이될 경우 보이지 않게 되고, 따라서 프레임(74 및 77)은 도 1b에서 도시된 바와 같이 연속적으로 보일 경우 최상의 품질 레벨에 있다. 따라서, 강한 공간적인 아티팩트가 높은 시간적 왜곡에 언제나 상응하는 것은 아닐 수 있다. 반면, 비디오 시퀀스의 한 프레임은 다른 프레임들에 독립적으로 보여질 경우 좋은 품질을 갖는 것으로 보일 수 있으나, 비디오 시퀀스가 연속적으로 디스플레이될 경우 아주 강한 시간적인 왜곡(예를 들면, 모션 지터(motion jitter))을 보여줄 수 있다. 즉, 작은 공간적인 왜곡이 작은 인지된 시간적인 왜곡(즉, 높은 시간적인 품질)에 언제나 상응하는 것은 아닐 수 있다.

[0015]

따라서, 공간적인 왜곡(즉, 그림이 비디오 시퀀스 내의 다른 그림들에 독립적으로 보여질 경우)은 시간적인 왜곡(즉, 그림들이 연속적으로 보여질 경우)과 상당히 다를 수 있다. 본 원리들은 개별 프레임들에 대해 공간적인 왜곡으로부터 시간적인 품질을 정확하게 모델링하는 방법 및 장치를 제공한다. 구체적으로, 본 원리는 어떻게 시청자가 시간적인 왜곡을 식별하는지에 영향을 미치는 컨텍스트를 고려하고, 컨텍스트는 예를 들어 왜곡의 지속시간 및 패턴, 및 이웃 프레임들을 봄으로써 시청자에 의해 인식되는 물체의 움직임 및 텍스처를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0016]

일 실시예에서, 공간적인 왜곡이 주어지면, 인지된 시간적인 왜곡이 슬라이딩 윈도우 접근을 이용해 모델링될 수 있다. 도 2a 내지 2c에 도시된 바와 같이, 프레임 n 을 포함하는 L_0 프레임들의 슬라이딩 윈도우($S_{i,n}$ 으로 표시됨)는 프레임 $(n - i)$ 에서 시작하고 프레임 $(n - i + L_0 - 1)$ 에서 종료한다($0 \leq i < L_0$). 우리는 시청자의 눈이 왜곡을 인식하는 데에 필요한 기간에 가까운 윈도우 길이를 선택할 수 있다. 따라서 슬라이딩 윈도우는 $L_0 = \text{round}(T_0 \times \text{frame_rate})$ 프레임들을 포함하고, T_0 는 시청자가 왜곡을 인식하기 위해 필요한 기간이며, frame_rate 는 비디오 시퀀스의 프레임 레이트이다. 슬라이딩 윈도우들 바깥에 존재하는 아티팩트는 현재 프레임의 시간적인 아티팩트의 가시성에 거의 기여하지 않는 것으로 여겨진다.

[0017]

우리는 현재 프레임의 인지된 시간적인 왜곡이 큰 왜곡을 갖는(즉, 왜곡 레벨이 소정의 임계치를 초과하는) 가까운 프레임들에 주로 영향을 받음을 보았다. 본 원리들에서, 우리는 프레임의 이웃 내의 그러한 군집화된(clustered) 큰 공간적인 왜곡의 영향을 추정하기 위한 상이한 실시예들을 제공한다.

[0018]

일 실시예에서, 우리는 시간적인 왜곡을 추정하기 위해 슬라이딩 윈도우들 내의 중간 왜곡 값들(median distortion values)의 최대치를 사용할 수 있다. 수학적으로, 각각의 슬라이딩 윈도우 $S_{i,n}$ 에 대하여, 우리는 $S_{i,n}$ 내의 프레임들의 중간 왜곡을 아래와 같이 계산할 수 있다.

수학적 1

[0019]

$$MD_{i,n} = \text{median}\{ds(j), \text{frame } j \in S_{i,n}\}$$

[0020]

중간값 함수(median function)는 현재 프레임의 공간적인 왜곡이 그것의 주변을 대표하는지 여부를 결정하기 위해 이웃 프레임들을 조사하고, 극단의 왜곡 레벨들(가외치(outliers))을 버린다. 즉, 우리는 $MD_{i,n}$ 을 슬라이딩 윈도우 $S_{i,n}$ 에 대한 대표적인 왜곡 레벨로 고려할 수 있다. 다른 실시예에서, 우리는 $MD_{i,n}$ 을 획득하기 위해 평균(averaging) 또는 다른 필터링 방법들을 사용할 수 있다.

[0021]

프레임 n 을 포함하는 모든 슬라이딩 윈도우에서, 더 큰 왜곡을 가진 슬라이딩 윈도우는 보통 시각적 품질에 더 크게 영향을 미친다. 따라서, 우세한 왜곡을 슬라이딩 윈도우들 $\{S_{i,n}, 0 \leq i < L_0\}$ 중에서의 최대 중간 왜곡 값으로서 식별하기 위해 최대 함수가 사용될 수 있다.

수학식 2

$$m_n = \max\{MD_{i,n}, 0 \leq i < L_0\}$$

현재 프레임에 대해 인지된 시간적인 왜곡은 현재 프레임의 공간적인 왜곡 강도 보다는 그것의 이웃 내의 우세한 왜곡에 의해 대체로 결정되는 것으로 보인다. 예를 들어, 프레임 n 이 인식되기에 충분히 길게 지속되지 않는 극심한 공간적인 왜곡 $ds(n)$ 을 갖는 경우, 인지된 시간적인 왜곡은 그것의 이웃 내의 왜곡에 주로 영향받는다. 따라서, 현재 프레임에 대한 시간적인 왜곡을 세팅하기 위하여 최소 함수가 사용될 수 있다. 즉, 우리는 시간적인 왜곡 $dt(n)$ 을 프레임 n 에 대한 최대 중간 왜곡 값 m_n 및 공간적인 왜곡 값 중 더 작은 것으로 아래와 같이 세팅할 수 있다.

수학식 3

$$dt(n) = \min\{m_n, ds(n)\}$$

도 3a는 예시적인 비디오 시퀀스 내의 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하고, 도 3b 및 도 3c는 수학식 2 및 3을 적용한 후의 결과들을 각각 도시한다. 중간값 함수를 이용함으로써, 최대 중간 왜곡 값은 도 3b에 도시된 바와 같이 극단 값들을 피한다. 그 결과, 도 3c로부터 보일 수 있듯이, 이웃하는 것들보다 훨씬 큰, 예를 들어 프레임들 86, 125 및 166에서의 공간적인 아티팩트 레벨들은, 추정된 시간적인 왜곡에 존재하지 않는다. 또한, 추정된 시간적인 왜곡 레벨들은 공간적인 왜곡 레벨들보다 프레임들 간에 더 작은 편차들을 갖는다.

다른 실시예에서, 시간적인 왜곡을 추정하기 위해, 우리는 모든 슬라이딩 윈도우들 $\{S_{i,n}, 0 \leq i < L_0\}$ 내의 큰 왜곡을 갖는(즉, 왜곡 레벨이 소정의 임계치를 초과하는) 프레임들의 비율들의 최대치를 사용할 수 있다. 더 작은 왜곡은 비디오 시퀀스가 연속적으로 재생될 경우 보통 보이지 않게 되기 때문에, 우리는 큰 왜곡을 갖는 프레임들만을 고려한다. 수학적으로, 각각의 슬라이딩 윈도우 $S_{i,n}$ 에 대하여, 우리는 $S_{i,n}$ 내의 큰 왜곡을 갖는 프레임들의 수와 $S_{i,n}$ 내의 프레임들의 총 수 사이의 비율을 아래와 같이 계산할 수 있고,

수학식 4

$$R_{i,n} = \frac{\sum_j \mu(ds(j))}{L_0}, \text{frame } j \in S_{i,n}$$

여기에서 $\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \geq U \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ 이고, U 는 공간적인 왜곡 임계치이다. 표기의 편의를 위하여, 우리는 슬라이딩 윈도우 내의 큰 공간적인 왜곡을 가진 프레임들의 수와 슬라이딩 윈도우 내의 프레임들의 총 수 사이의 비율을 슬라이딩 윈도우에 대한 큰 왜곡 밀도라 나타낸다.

우리는 더 높은 밀도의 큰 왜곡을 가진 슬라이딩 윈도우가 보통 더 크게 시각적 품질에 영향을 미침을 보았다. 따라서 우리는 모든 슬라이딩 윈도우들 중에서 가장 높은 비율을 아래와 같이 계산한다.

수학식 5

$$w_n = \max\{R_{i,n}, 0 \leq i < L_0\}$$

그다음에 우리는 가중된 왜곡(weighted distortion)으로서 프레임 n 에서의 인지된 시간적인 왜곡을 아래와 같이

추정할 수 있다.

수학식 6

$$dt(n) = w_n \times ds(n)$$

또한, 우리는 큰 왜곡을 갖는 가장 가까운 두 프레임 사이의 거리가 인지된 시간적인 왜곡에 또한 영향을 미침을 보았다. 즉, 큰 왜곡을 갖는 두 프레임이 더 가까운 경우, 왜곡은 사람의 눈에 더 가시적이 된다. 따라서, 시간적인 왜곡 추정은 프레임 n 과 큰 왜곡을 갖는 가장 가까운 프레임 사이의 거리를 또한 고려함으로써 개선될 수 있다. 일 실시예에서, 수학식 6은 아래와 같이 수정될 수 있고,

수학식 7

$$dt(n) = w_n \times ds(n)/f(dist(n))$$

여기에서 $dist(n)$ 은 가장 높은 큰 왜곡 밀도에 상응하는 슬라이딩 윈도우 내의 큰 왜곡을 가진 가장 가까운 프레임과 프레임 n 사이의 거리이다. 상응하는 슬라이딩 윈도우 내에 큰 왜곡을 가진 다른 프레임이 없는 경우, 우리는 $dist(n)$ 을 매우 큰 값, 예를 들어 1000으로 세팅할 수 있다. 즉, 큰 왜곡을 가진 슬라이딩 윈도우 내의 프레임이 단 하나만 있는 경우, 우리는 왜곡을 덜 가시적이라 생각하고 $dt(n)$ 을 아주 작은 값으로 세팅한다. 상이한 함수들, 예를 들면 $f(dist(n))=dist(n)$, 또는 $f(dist(n))=(dist(n))^a$ (a 는 상수)가 $f(dist(n))$ 을 정의하기 위하여 사용될 수 있다.

도 4a는 예시적인 비디오 시퀀스 내의 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하고, 도 4b 및 도 4c는 $L_0 = 1$ 초, $U = (\text{프레임 당 매크로 블록들의 수})/100$ 으로 수학식 5 및 7을 적용한 후의 결과들을 각각 도시한다. L_0 및 U 의 값들은 구성, 예를 들면 GOP 길이, 비디오 해상도, 및 프레임 레이트에 따라 변화할 수 있다. 도 5a는 다른 예시적인 비디오 시퀀스에서의 프레임들에 대한 공간적인 아티팩트 레벨들을 도시하고, 도 5b 및 5c는 수학식 5 및 7을 적용한 후의 결과를 각각 도시한다.

도 4b 및 도 5b로부터, 우리는 큰 왜곡이 더 균집화할 경우, 비율이 더 높아짐을 보았다. 즉, 비율은 이웃 프레임들이 현재 프레임의 인지된 품질에 영향을 미치는지 및 어느 정도 영향을 미치는지를 효과적으로 반영한다. 그 결과, 도 4c 및 도 5c로부터 보일 수 있듯이, 균집화된 큰 왜곡을 갖는 프레임들(예를 들어, 도 4a에서 프레임 106 근처, 도 5a에서 프레임 105 및 프레임 200 근처)의 지속시간은 추정된 시간적인 왜곡 레벨들에 영향을 미친다. 즉, 도 4a에 도시된 바와 같은 왜곡의 더 짧은 지속시간은 공간적인 왜곡보다 훨씬 작은 추정된 시간적인 왜곡을 낳는 한편, 도 5a에 도시된 바와 같은 왜곡의 더 긴 지속시간은 공간적인 왜곡과 같은 순서(order)의 추정된 시간적인 왜곡을 낳는다. 이는 지속되는 왜곡이 인지된 품질에 더 부정적인 영향을 갖는 사람의 지각과 일치한다.

위에서 논의된 바와 같이, 우리는 프레임 n 에 대한 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여 이웃 프레임들 내에 제공된 컨텍스트들을 고려한다. 수학식 1 내지 3에서 보여지듯이, 일 실시예에서 우리는 중간 왜곡 값을 사용한다. 다른 실시예에서, 수학식 4 내지 7에서 보여지듯이, 우리는 큰 왜곡 밀도를 사용한다. 또 다른 실시예에서, 중간 왜곡 값 및 큰 왜곡 밀도 접근들은 프레임 n 에 대한 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여 아래와 같이 조합될 수 있다.

수학식 8

$$dt(n) = w_n \times \min\{m_n, ds(n)\}$$

위에서, 우리는 눈이 아티팩트를 인식하기에 충분히 긴 기간을 필요로 한다는 사람의 시각 특성에 기초하여 시간적인 왜곡을 추정한다. 시간적인 왜곡은 다른 요소들, 예를 들어 움직임의 끊김(motion jerkiness)에 의하여 또한 영향받을 수 있지만 이에 한정되지 않는다. 그 결과, 위와 같이 추정된 시간적인 왜곡은 다른 요소들을

고려하도록 조정될 필요가 있을 수 있다. 한 예시적인 조합은 $dt'(n) = dt(n) + c \times dt_2(n)$ 일 수 있고, 여기서 $dt_2(n)$ 은 움직임의 끊김에 의해 야기된 왜곡이다.

[0041] 비디오 시퀀스 내의 개별 프레임들에 대한 시간적인 왜곡 $\{dt(n)\}$ 에 기초하여, 비디오 시퀀스의 전체의 인지된 왜곡이 시간적인 풀링 전략을 이용하여 도출될 수 있다. 예를 들어, 단순한 평균 연산(average operation)이 이용될 수 있는데, 즉 전체 왜곡 $= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N dt(n)$ 이다.

[0042] 도 6은 본 원리들에 따라 프레임 n 에서 시간적인 왜곡을 모델링하기 위한 예시적인 방법(600)을 도시한다. 방법(600)은 단계(605)에서 시작한다. 슬라이딩 윈도우 $S_{i,n}$ 에 대하여, 그것은 단계(610)에서, 예를 들어, 수학적 1을 사용하여 중간 왜곡 값을 계산하고, 단계(620)에서, 예를 들어 수학적 4를 이용하여 큰 왜곡 밀도를 계산한다. 그것은 단계(630)에서 추가의(more) 슬라이딩 윈도우가 프로세싱 될 필요가 있는지 체크한다. 그러한 경우, 그것은 단계(610)로 제어를 반환한다. 그렇지 않은 경우, 단계(640)에서, 그것은 예를 들어, 수학적 2를 이용하여 프레임 n 에 대한 모든 슬라이딩 윈도우들 내의 최대 중간 왜곡 값을 계산한다. 단계(650)에서, 그것은 예를 들어, 수학적 5를 이용하여 프레임 n 에 대한 모든 슬라이딩 윈도우들 내의 가장 높은 큰 왜곡 밀도를 계산한다. 단계(660)에서, 그것은 예를 들어 수학적 3, 6 또는 8을 이용하여 프레임 n 에 대한 시간적인 왜곡을 추정한다. 프레임 n 과 큰 왜곡을 갖는 가장 가까운 프레임 사이의 거리는 단계(660)에서 예를 들어, 수학적 7을 사용하여 고려될 수 있다. 방법(600)은 단계(699)에서 종료한다.

[0043] 방법(600)에서, 최대 중간 왜곡 값 및 가장 높은 큰 왜곡 밀도 모두는 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여 사용된다. 다른 실시예에서, 최대 중간 왜곡 값만이 시간적인 왜곡을 추정하기 위하여 사용된다. 즉, 단계들(620 및 650)이 필요하지 않고, 단계(660)는 최대 중간 왜곡 값에 기초하여, 예를 들어, 수학적 3을 이용하여 시간적인 왜곡을 추정한다. 다른 실시예에서, 가장 높은 큰 왜곡 밀도만이 시간적인 왜곡을 추정하기 위해 사용된다. 즉 단계들(610 및 640)이 필요하지 않고, 단계(660)는 가장 높은 큰 왜곡 밀도에 기초하여, 예를 들어, 수학적 6 또는 7을 이용하여 시간적인 왜곡을 추정한다.

[0044] 방법(600) 또는 그것의 변형들은 단계들의 상이한 순서로 진행할 수 있는데, 예를 들어, 단계(620)는 단계(610) 이전에 수행될 수 있고, 단계(650)는 단계(640) 이전에 수행될 수 있다.

[0045] 본 원리들에 따른 비디오 품질 모델링 방법들은 비디오 시퀀스가 압축 아티팩트들 및/또는 패킷 손실들에 시달리는 경우 비디오 품질을 측정하기 위해 적용될 수 있다. 본 방법들은 비트스트림 레벨 또는 픽셀 레벨에서 획득된 공간적인 아티팩트들과 함께 사용될 수 있다. 즉, 본 방법들은 비트스트림 레벨 및 픽셀 레벨 모두에 적용될 수 있다.

[0046] 본 원리들은 비디오 품질을 측정하기 위하여 비디오 품질 모니터에 사용될 수 있다. 도 7은 예시적인 비디오 품질 모니터(700)의 블록도를 도시한다. 장치(700)의 입력은 비트스트림을 포함하는 전송 스트림(transport stream)을 포함할 수 있다. 입력은 비트스트림을 포함하는 다른 포맷들일 수 있다.

[0047] 역다중화기(Demultiplexer)(710)는 비트스트림으로부터 패킷 계층 정보(packet layer information)를 획득한다. 디코더(720)는 더 많은 정보를 획득하기 위해 입력 스트림을 파싱한다(parses). 디코더(720)는 그룹들을 재구성하거나 하지 않을 수 있다. 다른 실시예들에서, 디코더는 역다중화기의 기능들을 수행할 수 있다.

[0048] 디코딩된 정보를 이용하여, 공간 아티팩트 레벨들은 공간 아티팩트 레벨 추정기(730)에서 추정된다. 추정된 파라미터들에 기초하여, 시간적인 왜곡 레벨들이 시간적인 왜곡 추정기(740)에서 예를 들어, 방법(600)을 이용하여 추정된다. 그다음에 품질 예측기(750)는 개별 프레임들에 대한 시간적인 왜곡 레벨들을 비디오 시퀀스에 대한 품질 점수로 통합한다(pools). 품질 예측기(750)는 다른 타입들의 아티팩트들 및 사람 시각 특성의 특성을 고려할 수 있다.

[0049] 비디오 품질 모니터(700)는 예를 들어 ITU-T P.NBAMS(비디오 미디어 스트리밍 품질의 파라메트릭 비-방해 비트스트림 평가; parametric non-intrusive bitstream assessment of video media streaming quality) 표준에 사용될 수 있는데, 그것은 두 응용 시나리오들, 즉, HR(고해상도; High Resolution) 시나리오 및 LR(저해상도; Low Resolution) 시나리오로 또한 각각 불리는 IPTV 및 모바일 비디오 스트리밍에서의 비디오 품질 평가 모델들을 연구한다. 두 시나리오의 차이는 비디오 콘텐츠의 시공간 해상도(spatio-temporal resolution) 및 코딩 구성으로부터 전송 프로토콜들 및 시청 조건들에 이른다.

- [0050] P.NBAMS VQM(비디오 품질 모델; Video Quality Model)의 입력은 모든 전송 패킷 헤더들(UDP/IP/RTP 또는 UDP/IP/RTP/TS)을 가진 코딩된 비디오 비트스트림이다. 출력은 객관적인 MOS 점수(평균 평가점; Mean Opinion Score)이다. P.NBAMS 연구의 주 타겟 응용은 셋톱박스(STB; set-top box) 또는 게이트웨이에서의 비디오 품질을 모니터링하는 것이다. P.NBAMS 모드 1 모델은 비트스트림 정보만을 사용하고, 모드 2 모델은 비디오 시퀀스의 일부 또는 전부를 디코딩할 수 있고, 픽셀 정보는 비디오 품질 예측뿐만 아니라 예측 정확성을 향상시키기 위한 비트스트림 정보 파싱을 위하여 사용된다.
- [0051] 도 8을 참조하면, 위에 설명된 특징들 및 원리들이 적용될 수 있는 비디오 전송 시스템 또는 장치(800)가 도시된다. 프로세서(805)는 비디오를 프로세싱하고 인코더(810)는 비디오를 인코딩한다. 인코더로부터 생성된 비트스트림은 배포 네트워크(820)를 통하여 디코더(830)에 전송된다. 비디오 품질 모니터는 상이한 단계들에서 사용될 수 있다.
- [0052] 일 실시예에서, 비디오 품질 모니터(840)는 콘텐츠 생성기(content creator)에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어, 추정된 비디오 품질은 모드 결정 또는 비트 레이트 할당과 같은 인코딩 파라미터들을 결정하는 데에 인코더에 의해 사용될 수 있다. 다른 예에서, 비디오가 인코딩된 후, 콘텐츠 생성기는 비디오 품질 모니터를 인코딩된 비디오의 품질을 모니터링하기 위하여 사용한다. 품질 메트릭(quality metric)이 미리-정의된 품질 레벨을 만족시키지 않을 경우, 콘텐츠 생성기는 비디오 품질을 개선하기 위하여 비디오를 재-인코딩하도록 선택할 수 있다. 콘텐츠 생성기는 또한 인코딩된 비디오를 품질에 기초하여 등급을 매길 수 있고 그에 따라 콘텐츠를 채울 수 있다.
- [0053] 다른 실시예에서, 비디오 품질 모니터(850)는 콘텐츠 배포기(content distributor)에 의해 사용될 수 있다. 비디오 품질 모니터는 배포 네트워크에 위치할 수 있다. 비디오 품질 모니터는 품질 메트릭들을 계산하고 그것들을 콘텐츠 배포기에 보고한다. 비디오 품질 모니터로부터의 피드백에 기초하여, 콘텐츠 배포기는 대역폭 할당 및 액세스 제어를 조정함으로써 자신의 서비스를 개선할 수 있다.
- [0054] 콘텐츠 배포기는 인코딩을 조정하기 위하여 피드백을 콘텐츠 생성기에 또한 보낼 수 있다. 높은 품질의 인코딩된 비디오는 보통 더 많은 대역폭을 요구하고 전송 보호를 위하여 더 적은 대역폭을 남기기 때문에, 인코더에서 인코딩 품질을 개선하는 것이 디코더 측에서의 품질을 꼭 개선하는 것은 아님에 주의한다. 따라서, 디코더에서의 최적의 품질에 도달하기 위하여, 인코딩 비트 레이트와 채널 보호를 위한 대역폭 사이의 균형이 고려되어야 한다.
- [0055] 다른 실시예에서, 비디오 품질 모니터(860)는 사용자 디바이스에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어, 사용자 디바이스가 인터넷에서 비디오를 검색하는 경우, 검색 결과는 요청된 비디오 콘텐츠에 상응하는 많은 비디오에 대한 링크들, 또는 많은 비디오들을 돌려줄 수 있다. 검색 결과들 내의 비디오들은 상이한 품질 레벨들을 가질 수 있다. 비디오 품질 모니터는 이 비디오들에 대한 품질 메트릭을 계산하고 어떤 비디오를 저장하도록 선택할지 결정할 수 있다. 다른 실시예에서, 사용자 장비는 몇몇 에러 은닉 기술들(error concealment techniques)에 액세스를 가질 수 있다. 비디오 품질 모니터는 상이한 에러 은닉 기술들에 대하여 품질 메트릭을 계산할 수 있고, 계산된 품질 메트릭에 기초하여 어떤 은닉 기술을 사용할지를 자동으로 선택할 수 있다.
- [0056] 본원에 설명된 구현들은 예를 들어, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림, 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일한 구현 형식의 맥락에서만 논의된 경우라도(예를 들어, 방법으로만 논의), 논의된 특성들의 구현은 다른 형식들(예를 들어, 장치 또는 프로그램)로 구현될 수도 있다. 장치는 예를 들어, 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어로 구현될 수 있다. 방법은 예를 들어, 예컨대 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로, 또는 프로그램가능한 논리 디바이스를 포함하고 일반적으로 프로세싱 디바이스들을 의미하는 프로세서와 같은 장치로 구현될 수 있다. 프로세서들은 예를 들어 최종 사용자들 간의 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터들, 휴대폰들, PDA들(portable/personal digital assistants), 및 다른 디바이스들과 같은 통신 디바이스들을 또한 포함한다.
- [0057] 본 원리들의 "일 실시예(one embodiment)" 또는 "한 실시예(an embodiment)" 또는 "일 구현(one implementation)" 또는 "한 구현(an implementation)" 및 그것들의 다른 변형들에 대한 참조는 실시예와 관련하여 설명된 특정 특성, 구조, 특징 등등이 본 원리들의 적어도 한 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 명세서 전반에 걸쳐 다양한 곳에서 보이는 구문 "일 실시예에서" 또는 "한 실시예에서" 또는 "일 구현에서" 또는 "한 구현에서" 및 임의의 다른 변형의 출현은 모두 동일한 실시예를 지칭해야 하는 것이 아니다.
- [0058] 추가로, 본 출원 또는 그 청구항들은 다양한 정보들을 "결정하는 것"을 언급할 수 있다. 정보를 결정하는 것은

예를 들어, 정보를 추정하는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 메모리로부터 정보를 검색하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0059]

또한, 본 출원 또는 그 청구항들은 다양한 정보들을 "액세스하는 것"을 언급할 수 있다. 정보를 액세스하는 것은 예를 들어, 정보를 수신하는 것, 정보를 (예를 들어, 메모리로부터) 검색하는 것, 정보를 저장하는 것, 정보를 프로세싱하는 것, 정보를 전송하는 것, 정보를 이동시키는 것, 정보를 복사하는 것, 정보를 지우는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 결정하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 정보를 추정하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0060]

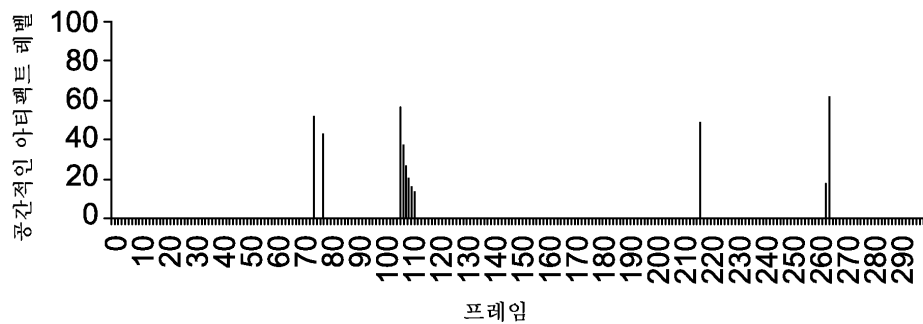
추가로, 본 출원 또는 그 청구항들은 다양한 정보들을 "수신하는 것"을 언급할 수 있다. "액세스하는 것"과 같이, 수신하는 것은 넓은 용어로 의도된다. 정보를 수신하는 것은 예를 들어, 정보에 액세스하는 것, 또는 (예를 들어, 메모리로부터) 정보를 검색하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, "수신하는 것"은 예를 들어, 정보를 저장하는 것, 정보를 프로세싱하는 것, 정보를 전송하는 것, 정보를 이동시키는 것, 정보를 복사하는 것, 정보를 지우는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 결정하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 정보를 추정하는 것과 같은 동작들 동안 하나의 방식 또는 다른 방식으로 통상적으로 수반된다.

[0061]

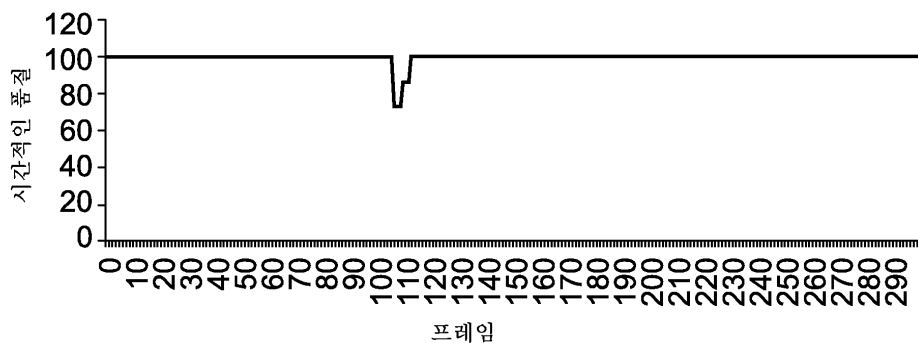
본 기술분야의 숙련자에게 명백하듯이, 구현들은 예를 들어 저장 또는 전송될 수 있는 정보를 지니도록 포맷팅된 다양한 신호를 생성할 수 있다. 정보는 예를 들어 방법을 수행하기 위한 명령어들 또는 설명된 구현들 중 하나에 의해 생성되는 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 신호는 설명된 실시예의 비트스트림을 갖도록 포맷팅될 수 있다. 그러한 신호는 예를 들어 (예를 들어, 스펙트럼의 무선 주파수 부분을 이용하는) 전자기파로서 또는 기저대역 신호로서 포맷팅될 수 있다. 포맷팅은 예를 들어 데이터 스트림을 인코딩하고, 인코딩된 데이터 스트림으로 캐리어를 변조하는 것을 포함할 수 있다. 신호가 지니는 정보는 예를 들어 아날로그 또는 디지털 정보일 수 있다. 신호는 공지된 바와 같은 다양한 상이한 유선 또는 무선 링크를 통해 전송될 수 있다. 신호는 프로세서 판독 가능 매체 상에 저장될 수 있다.

도면

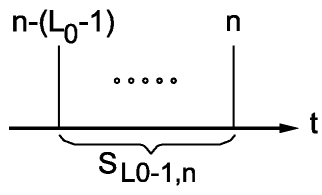
도면1a



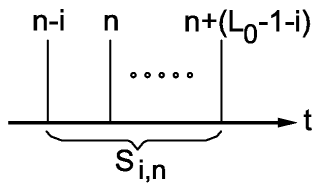
도면1b



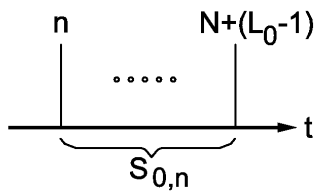
도면2a



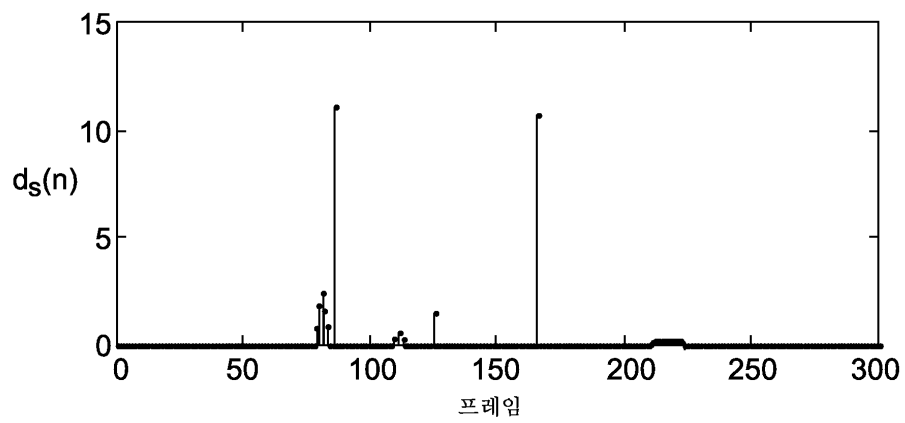
도면2b



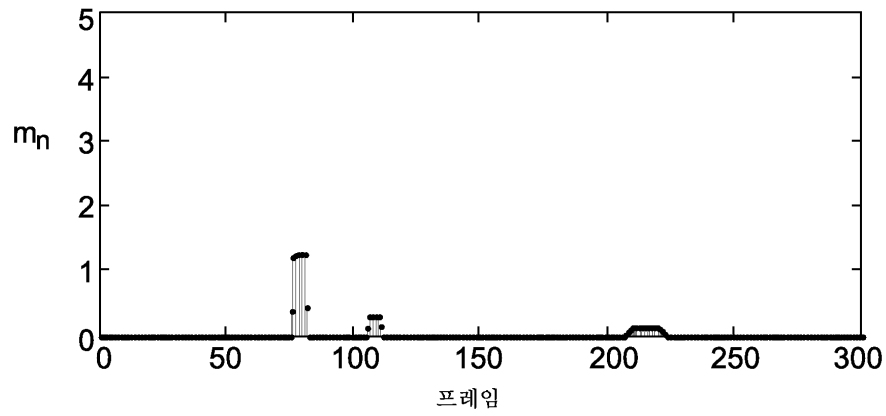
도면2c



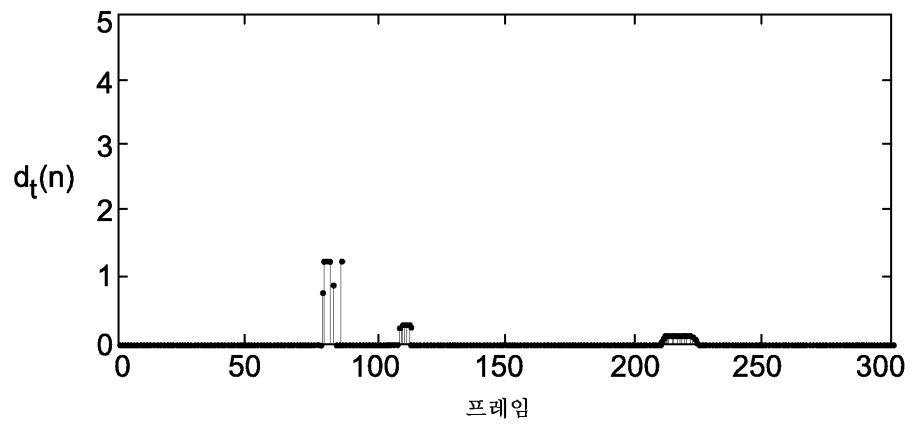
도면3a



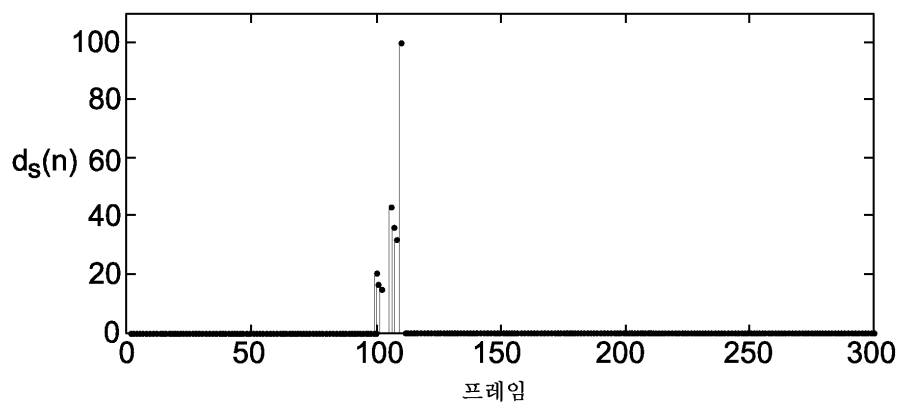
도면3b



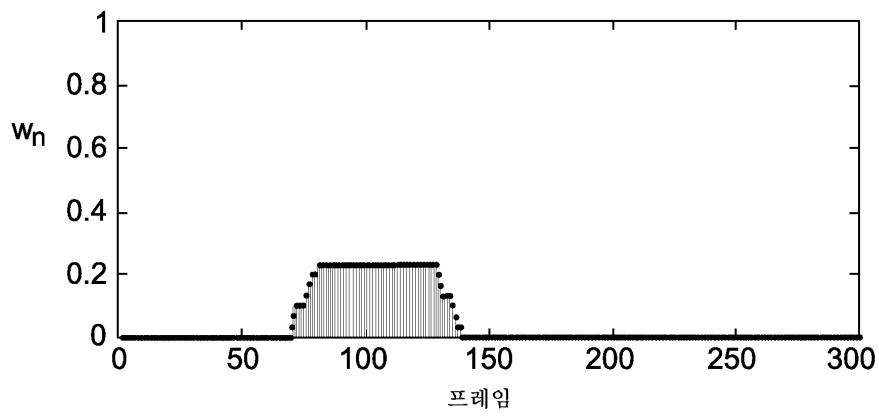
도면3c



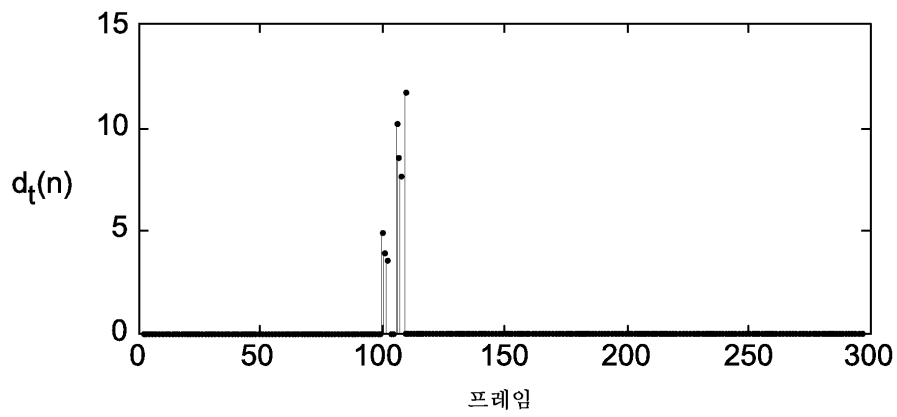
도면4a



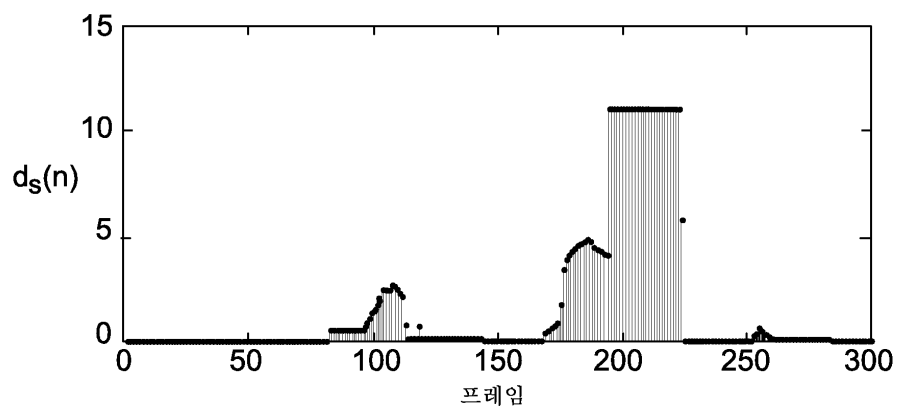
도면4b



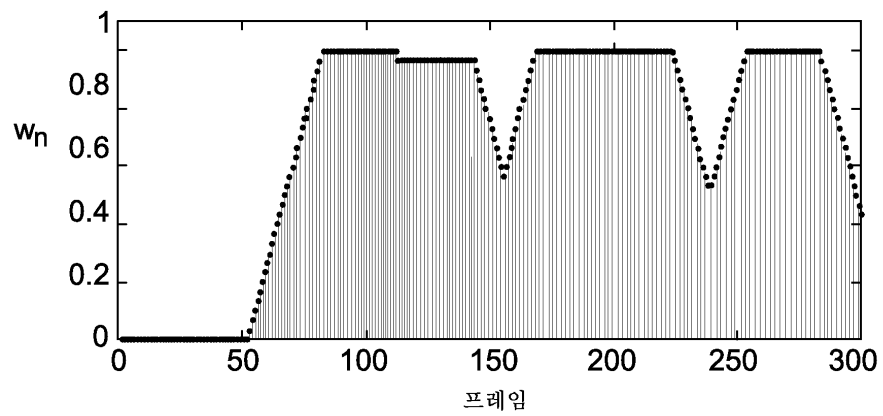
도면4c



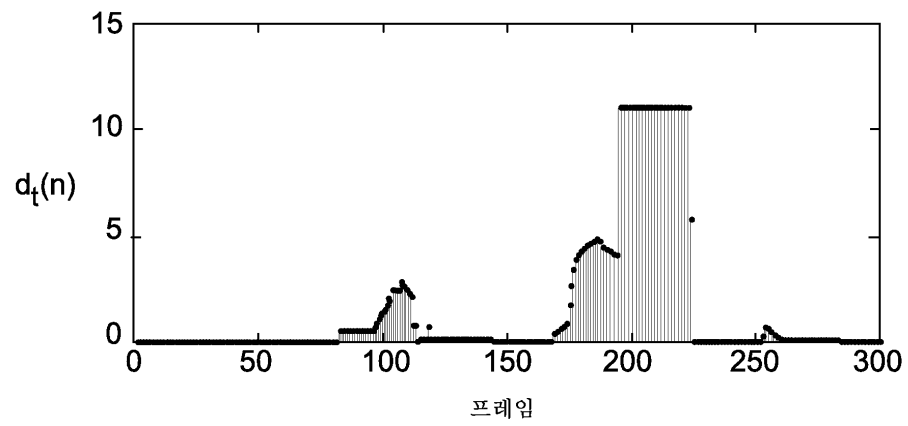
도면5a



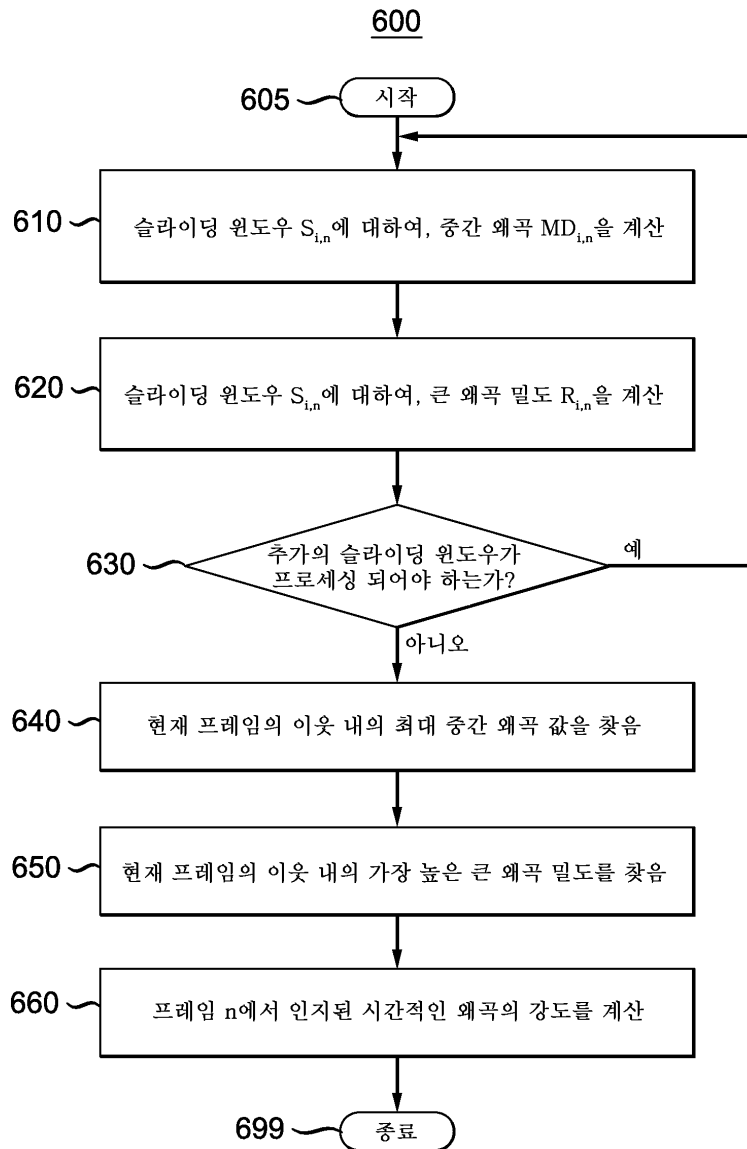
도면5b



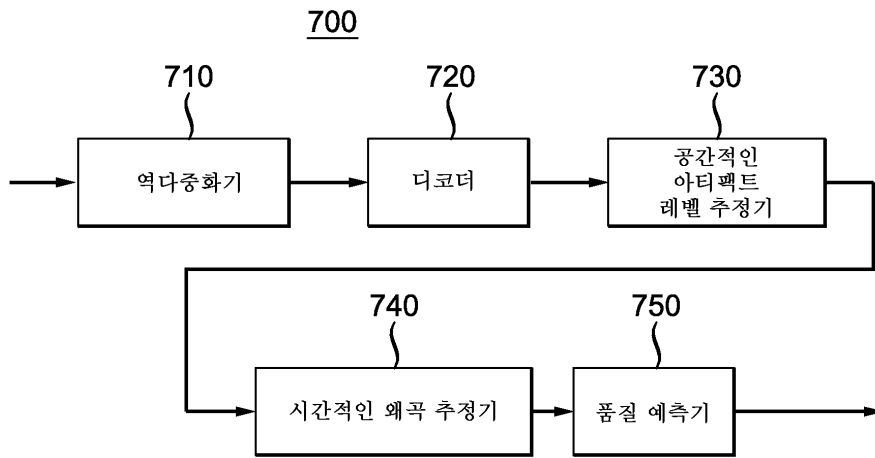
도면5c



도면6



도면7



도면8

